

**Mon. Sep 19, 2022**

Poster presentation | R2: Crystal structure, crystal chemistry, physical properties of minerals, crystal growth and applied mineralogy

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

**R2: Crystal structure, crystal chemistry, physical properties of minerals, crystal growth and applied mineralogy**

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

**[R2P-01] Hydrogen incorporation mechanism in the lower-mantle bridgmanite**

Narangoo Purevjav<sup>1</sup>, Naotaka Tomioka<sup>2</sup>, Shigeru Yamashita<sup>7</sup>, Keiji Shinoda<sup>3</sup>, Sachio Kobayashi<sup>2</sup>, Kenji Shimizu<sup>2</sup>, Motoo Ito<sup>2</sup>, Suyu Fu<sup>4</sup>, Jesse Gu<sup>4</sup>, Christina Hoffmann<sup>5</sup>, Jung-Fu Lin<sup>4</sup>, \*Takuo Okuchi<sup>6</sup> (1. Univ. Bayreuth, 2. JAMSTEC, 3. Osaka Metropolitan Univ., 4. Univ. Texas, 5. ORNL, 6. Kyoto Univ., 7. Okayama Univ.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

**[R2P-02] Dehydration Behavior of Hopeite-type (Fe,Co,Ni)Zn<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>**

[Presentation award entry]

\*ryo tanuma<sup>1</sup>, ryo yamane<sup>2</sup>, kazumasa sugiyama<sup>2</sup> (1. Tohoku Univ. Eng., 2. Tohoku Univ. IMR.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

**[R2P-03] Prediction of crystal structures of high-pressure Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> phases**

\*Masami Kanzaki<sup>1</sup> (1. IPM)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

**[R2P-04] The reverse effect of vaterite calcitization by Na and K in aqueous solution.**

\*Noboru Furukawa<sup>1</sup> (1. Chiba Uni. Sci.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

**[R2P-05] Property and formation process of the overgrowth layer on quartz crystals**

\*Hiroaki Ohfuji<sup>1</sup>, Watanabe Rino<sup>2</sup> (1. Tohoku Univ. Sci., 2. Ehime Univ. GRC)

Poster presentation | R4: Mineral sciences of the Earth surface

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

**R4: Mineral sciences of the Earth surface**

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

**[R4P-01] Observation of pH distribution during the formation of CaCO<sub>3</sub> in gel media**

\*Shinji Matsumoto<sup>1</sup>, Jun Kawano<sup>1</sup>, Takashi Toyofuku<sup>2,3</sup>, Yukiko Nagai<sup>2,4</sup>, Takaya Nagai<sup>1</sup> (1. Hokkaido Univ. Sci, 2. JAMSTEC, 3. TUMSAT, 4. NMNS)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

**[R4P-02] Texture observation on the calcite-aragonite interface in the skeletons of culturing scleractinian coral**

\*Satoko Motai<sup>1</sup>, Saki Harii<sup>2</sup>, Naotaka Tmioka<sup>3</sup>, Motoo Ito<sup>3</sup> (1. Yamagata Univ. Sci., 2. Univ. of Ryukyus, 3. KOCHI, JAMSTEC)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

**[R4P-03] Inorganic synthesis of dolomite at ordinary temperatures and pressures**

[Presentation award entry]

\*Maho Hasegawa<sup>1</sup>, Yuki Kubota<sup>1</sup>, Hiromi Konishi<sup>1</sup> (1. Niigata Univ.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

**[R4P-04] Formation of Mn oxide nanoparticles catalyzed by nano Fe oxide**

\*Sayako Inoué<sup>1</sup> (1. GRC Ehime Univ.)

Poster presentation | R8: Metamorphic rocks and tectonics

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

**R8: Metamorphic rocks and tectonics**

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-01] Rutile exsolution lamella of garnet in quartz eclogite from the Sanbagawa Belt Gongen Mountain, central Shikoku, Japan

[Presentation award entry]

\*Tomohiro Takebayashi<sup>1,2</sup>, Yui Kouketsu<sup>1</sup>, Katusyoshi Michibayashi<sup>1</sup> (1. Nagoya Univ. Env., 2. Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-02] Garnet-forming partial melting in the presence of a fluid phase: an example from a pelitic migmatite in the Higo metamorphic terrane

[Presentation award entry]

\*Natsumi Yoshimoto<sup>1</sup>, Tetsuo Kawakami<sup>1</sup>, Satoshi Hojo (1. Kyoto Univ.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-03] Ultrahigh-temperature metamorphism and melt inclusions from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica

\*Fumiko Higashino<sup>1</sup>, Tetsuo Kawakami<sup>1</sup> (1. Kyoto Univ. Sci.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-04] Investigating sulfur pathways using sulfur isotopes in high-grade metamorphic rocks at Mt. Riiser-Larsen, Napier Complex, East Antarctica

\*Tokuya Mitsubori<sup>1</sup>, Madhusoodhan Satish-Kumar<sup>2</sup>, Tomokazu Hokada<sup>3</sup> (1. Niigata Univ. Grad. Sci., 2. Niigata Univ. Sci., 3. NIPR)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-05] **Metamorphism of pelitic and psammitic rocks in Chitradurga Schist Belt, the Dharwar Craton, southern India**

\*Tomokazu Hokada<sup>1,5</sup>, Satish-Kumar M.<sup>2</sup>, Tsuyoshi Toyoshima<sup>2</sup>, Kyoko Kataoka<sup>2</sup>, Yuichiro Ueno<sup>3</sup>, Kaoru Mishima<sup>3</sup>, Abdulla Nasheeth<sup>4</sup>, Takamoto Okudaira<sup>4</sup>, Chiaki Ikawa<sup>5</sup> (1. NIPR, 2. Niigata Univ., 3. Tokyo Inst. Tech., 4. Osaka Metropolitan Univ., 5. SOKENDAI)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-06] **Kinematics of the Mahanadi Shear Zone (MSZ) – part of a Y-shaped Freeway junction developed in the northern Eastern Ghats Belt, India**

Shuvankar Karmakar<sup>2</sup>, Gautam Ghosh<sup>2</sup>, \*Dyuti Prakash Sarkar<sup>1</sup>, Sankar Bose<sup>2</sup> (1. Hiroshima Univ., 2. Presidency Univ.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-07] Structural architecture of an Archean collision zone; Insights from the Gadag-Mandya Shear Zone (GMSZ) and associated schist belts, Dharwar Craton, southern India

\*Sreehari Lakshmanan<sup>1</sup>, Tsuyoshi Toyoshima<sup>2</sup>, Yoshihiro Nakamura<sup>3</sup>, Satish-Kumar Madhusoodhan<sup>2</sup>, Sajeev Krishnan<sup>4</sup> (1. Shimane U, 2. Niigata U, 3. AIST, 4. IISc)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-08] Sulfur isotope study of metacarbonate rocks from Highland Complex, Sri Lanka

\*Aoi Yohioka<sup>1</sup>, Satish-Kumar Madhusoodhan<sup>2</sup>, Kosuke Goto<sup>3</sup>, Gen Shimoda<sup>3</sup>, Sanjeeva P. K. Malaviarachchi<sup>4</sup> (1. Grad. Sch. Sci. Tech., Niigata Univ, 2. Fac. Sci., Niigata Univ., 3. AIST-GSJ, 4. Univ. Peradeniya, Sri Lanka)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-09] Metamorphic history of corundum-bearing high-pressure amphibolite from the Paleoproterozoic Usagaran Belt, Tanzania

\*Rio Higuchi<sup>1</sup>, Tatsuki Tsujimori<sup>2</sup>, Nelson Boniface<sup>3</sup> (1. Dept. Earth Sci., Tohoku Univ., 2. CNEAS, Tohoku Univ., 3. UDSM)

---

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-10] Detrital zircon U-Pb age and metamorphic thermal structure of the Yokokawagawa metamorphic rocks in central Japan

\*Hiroshi Mori<sup>1</sup>, Hiroki Mizumura<sup>2</sup>, Tetsuya Tokiwa<sup>1</sup>, Kohei Yoshikawa<sup>1</sup>, Yuki Nobe<sup>3</sup>, Yui Kouketsu<sup>4</sup> (1. Shinshu Univ., 2. Kyowa Sekkei, 3. Electric Power Development, 4. Nagoya Univ.)

---

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-11] Brittle fractures of albite porphyroblasts in the pelitic schists of the Sanbagawa metamorphic belt, Kanto Mountains

\*Mutsuko Inui<sup>1</sup>, Shuto Kojima<sup>1</sup>, Yoshiya Nagatsuma<sup>1</sup> (1. Kokushikan Univ.)

Poster presentation | R2: Crystal structure, crystal chemistry, physical properties of minerals, crystal growth and applied mineralogy

📅 Mon. Sep 19, 2022 9:00 AM - 3:30 PM JST | Mon. Sep 19, 2022 12:00 AM - 6:30 AM UTC | 📍 B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

**R2: Crystal structure, crystal chemistry, physical properties of minerals, crystal growth and applied mineralogy**

Onsite Poster Core time  
12:15 - 14:15

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R2P-01] **Hydrogen incorporation mechanism in the lower-mantle bridgmanite**

Narangoo Purevjav<sup>1</sup>, Naotaka Tomioka<sup>2</sup>, Shigeru Yamashita<sup>7</sup>, Keiji Shinoda<sup>3</sup>, Sachio Kobayashi<sup>2</sup>, Kenji Shimizu<sup>2</sup>, Motoo Ito<sup>2</sup>, Suyu Fu<sup>4</sup>, Jesse Gu<sup>4</sup>, Christina Hoffmann<sup>5</sup>, Jung-Fu Lin<sup>4</sup>, \*Takuo Okuchi<sup>6</sup> (1. Univ. Bayreuth, 2. JAMSTEC, 3. Osaka Metropolitan Univ., 4. Univ. Texas, 5. ORNL, 6. Kyoto Univ., 7. Okayama Univ.)

---

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R2P-02] Dehydration Behavior of Hopeite-type (Fe,Co,Ni)Zn<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>

[Presentation award entry]

\*ryo tanuma<sup>1</sup>, ryo yamane<sup>2</sup>, kazumasa sugiyama<sup>2</sup> (1. Tohoku Univ. Eng., 2. Tohoku Univ. IMR.)

---

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R2P-03] Prediction of crystal structures of high-pressure Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> phases

\*Masami Kanzaki<sup>1</sup> (1. IPM)

---

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R2P-04] The reverse effect of vaterite calcitization by Na and K in aqueous solution.

\*Noboru Furukawa<sup>1</sup> (1. Chiba Uni. Sci.)

---

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R2P-05] Property and formation process of the overgrowth layer on quartz crystals

\*Hiroaki Ohfuji<sup>1</sup>, Watanabe Rino<sup>2</sup> (1. Tohoku Univ. Sci., 2. Ehime Univ. GRC)

## Hydrogen incorporation mechanism in the lower-mantle bridgmanite

Narangoo Purevjav<sup>\*1,2</sup>, Naotaka Tomioka<sup>3</sup>, Shigeru Yamashita<sup>1</sup>, Keiji Shinoda<sup>4</sup>, Sachio Kobayashi<sup>3</sup>, Kenji Shimizu<sup>3</sup>, Motoo Ito<sup>3</sup>, Suyu Fu<sup>5</sup>, Jesse Gu<sup>5</sup>, Christina Hoffmann<sup>6</sup>, Jung-Fu Lin<sup>5</sup>, and Takuo Okuchi<sup>1,7</sup>  
(<sup>1</sup>Okayama University, <sup>2</sup>University of Bayreuth, <sup>3</sup>JAMSTEC, <sup>4</sup>Osaka Metropolitan University, <sup>5</sup>University of Texas, <sup>6</sup>Oak Ridge National Lab, <sup>7</sup>Kyoto University)

Transportation of water through the subduction slab into the deep mantle, at least up to the lower part of the mantle transition zone became well documented through many studies. However, the fate of the water beyond the transition is vague due to the considerable controversy of previous studies on water solubility in the major lower mantle minerals. Bridgmanite is the predominant mineral in the lower mantle, accounting for ~ 80 vol.% of the region. Thus, unarguably it is the most crucial mineral that controls the physical and chemical properties of the lower mantle. Bridgmanite uptakes a significant amount of hydrogen within its crystal structure. Thus, it could be a potential candidate for storing water in the lower mantle, while its mechanisms of how hydrogen is located and incorporated into the crystal structure of bridgmanite are still being debated.

In the present study, we investigated the crystallographic site of hydrogen and its incorporation mechanism in bridgmanite by single crystal neutron diffraction for the first time [1]. High-quality single crystals of hydrous bridgmanite with a composition of  $(\text{Mg}_{0.88} \text{Fe}^{2+}_{0.05} \text{Fe}^{3+}_{0.05} \text{Al}_{0.03})(\text{Si}_{0.88} \text{Al}_{0.11} \text{H}_{0.01}) \text{O}_3$  were synthesized by a multi-anvil apparatus under water-saturated environments at relevant pressure and temperature conditions to the topmost lower mantle. The crystallographic site position of hydrogen in the (Fe, Al)-bearing bridgmanite is evaluated by the time-of-flight single-crystal Laue neutron diffraction technique, together with supporting evidence from polarized infrared spectroscopy. Our results show that the primary hydrogen site has an OH bond direction nearly parallel to the crystallographic *b*-axis of the bridgmanite lattice, where hydrogen is located between two oxygen anions to form a straight geometry of covalent and hydrogen bonds. Our modelled results show that hydrogen is incorporated into the bridgmanite crystal structure via coupled substitution of  $\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$  simultaneously exchanging for  $\text{Si}^{4+}$ , which does not require any cation vacancy. The concentration of hydrogen evaluated by secondary-ion mass spectrometry and neutron diffraction is ~ 0.1 wt.%  $\text{H}_2\text{O}$  and consistent with each other, showing that neutron diffraction can be an alternative quantitative means for the characterizations of trace amounts of hydrogen in nominally anhydrous minerals.

[1] Purevjav *et al.* *under review*.

**Keywords:** bridgmanite, lower mantle, hydrogen substitution, neutron diffraction

**\*Corresponding author:** narangoo.purevjav@uni-bayreuth.de

## Hopeite 型 $(\text{Fe,Co,Ni})\text{Zn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ の脱水挙動と結晶構造の変化

田沼 怜\* (東北大学工学研究科), 山根 峻(金属材料研究所), 杉山 和正(金属材料研究所),

### Dehydration Behavior of Hopeite-type $(\text{Fe,Co,Ni})\text{Zn}_2(\text{PO}_4)_2$

Ryo Tanuma\* (Graduate School of Engineering, Tohoku Univ.), Ryo Yamane (IMR, Tohoku Univ.), Kazumasa Sugiyama (IMR, Tohoku Univ.)

【研究の背景】Hopeite $[\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$  および Phosphophyllite $[\text{FeZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$  は、花崗岩ペグマタイトや熱水鉱脈に産出するリン酸亜鉛鉱物である。これらの鉱物は社会利用として、輸送機器やインフラ構造物の鋼板保護に用いるリン酸亜鉛処理プロセスに利用されている[1](以下それぞれ H 型および P 型と略記する)。実際の鋼板処理現場においては、phosphophyllite の方が hopeite よりも脱水温度が高いため、前者の割合が高いほど被膜の安定性は向上すると考えられている。また亜鉛を含むリン酸塩鉱物は共存する元素によって多様な構造を示すことが知られている。例えば Ca を添加すると、P 型および H 型構造とは異なる構造が析出し、耐熱性が向上すると報告されている [1]。我々は、このような経緯を踏まえ、共存元素を変化させ析出する亜鉛を含むリン酸塩鉱物の特性に関する知見を深めることで、先進プロセスの開発とその社会実装を目指している。本研究では、Fe, Co, Ni および Cu の 4 種類の隣接する遷移金属を添加したリン酸亜鉛を対象に高温粉末 XRD 測定ならびに TG-DTA 測定を行い、系統的な脱水挙動の変化を調べた。加えて本研究では H 型および P 型構造中の遷移金属元素に着目した XAFS 測定によって脱水に伴う価数状態の変化を調べた。

【実験方法】試料は先行研究[2]を参考に、試薬  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{MCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{M} = \text{Fe, Ni}$ ),  $\text{M}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{M} = \text{Co, Cu}$ ) を  $150^\circ\text{C}$  で 1 時間攪拌し、合成した反応生成物は粉末 XRD 測定によって同定した。また、 $500^\circ\text{C}$  までの TG-DTA および高温粉末 XRD 測定を行い、結晶構造・化学組成の違いによる脱水挙動の違いを調べた。

Zinc phosphate mineral, XAFS measurement, dehydration

ryo.tanuma.r3@dc.tohoku.ac.jp

また XAFS 測定は、KEK-PF の BL-12C を用いて Fe, Co, Ni および Zn の K 吸収端(7112 eV, 7709 eV, 8333 eV および 9659 eV)で測定を行った。

【結果】合成の結果、Ni, Co および Cu を添加した系では H 型構造、Fe を添加した系でのみ P 型構造が生成した。図 1 には P 型  $\text{FeZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  の高温粉末 XRD 測定の結果を示す。T =  $500^\circ\text{C}$  における測定結果から、 $\text{FePO}_4$  および  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$  の二相が共存していることが判明した。一方、H 型  $\text{MZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{M} = \text{Co, Ni, Cu, Zn}$ ) の高温粉末 XRD 測定では、T =  $500^\circ\text{C}$  において  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$  として報告されている構造が単独で存在していることが判明した。XAFS 測定においても、Fe 原子のみが温度変化とともに吸収端が高エネルギー側にシフトし、酸化が進んでいることが判明した。両者の結果から、遷移金属として Fe を含む P 型構造は脱水とともに酸化が進み、その価数状態の変化によって無水相において鉄と亜鉛のリン酸塩が生じる相分離が起きると考えられる。当日は  $500^\circ\text{C}$  に至るまでの詳細な脱水過程や XAFS 測定の結果もあわせて報告する。

(参考文献) [1]石井均, 表面技術, **3**, 61 (2010).

[2]O.Pawling et al., Mater Res Bull. **34**, 1959 (1998).

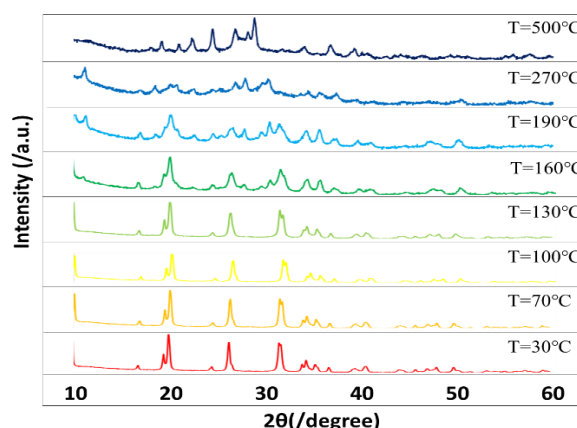


図 1 Fe-phosphophyllite の高温粉末 XRD パターン

# Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>高圧相結晶構造の予測

神崎正美 (岡大・惑星研)

## Prediction of crystal structures of high-pressure Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> phases

Masami Kanzaki\* (IPM, Okayama U.)

In order to explore high-pressure crystal structures of Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>, crystal structure prediction using XtalOpt has been conducted. GULP was used as a structure optimizer. Two new structures were obtained, and one of them (Cmcm structure) can be derived from spinel structure. Combining with previous our DFT calculations, now we propose that high-pressure phase of III has Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> structure, and that of IV has the Cmcm structure, respectively.

**イントロダクション:**我々は永らく構造不明であったZn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> III, IV相の構造を明らかにした(Liu et al., PCM, 2013)。しかし、それらはretrograde相であり、それぞれ高圧下で転移することがその後の高圧その場ラマン測定から分かった(Kanzaki, JMPS, 2018)。それらの高圧相の構造を推定するためにアナログ構造等についてDFT計算を行って、Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>とNa<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>構造がIII, IVの高圧相の構造らしいと推定したが、矛盾点が残った(より低圧側で出るはずのAg<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>相の密度がNa<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>相より高いなど)。最近構造予測計算が進んだこともあり、今回はIII, IVの高圧相の構造をさらに調べるために構造予測計算をZn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>について試みた。

### 計算方法:

構造予測計算にはXtalOpt (xtalopt.github.io/)を使用した。XtalOptは遺伝的アルゴリズムを使う構造予測プログラムである。エネルギーや構造最適化の計算には外部プログラムが必要となる。DFT計算が最適ではあるが、計算時間との兼ね合いで、今回は経験的ポテンシャルを使うGULP(Gale, 10.1039/A606455H)を使用した。計算は常圧条件でおこなっている。予測された構造で特に安定な構造については、さらにQuantum Espressoで構造最適化を行った。GULPで使ったポテンシャルは、Catlowの2体ポテンシャルをベースにして、Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>の既知構造を再現するようにGULPで最適化した。

**結果と議論:**1回1万個の構造探索計算を8回行った。結果をエネルギーvs.密度でプロットすると、ほとんどの構造はエネルギーが高く安定ではないが、エネルギー最低値付近に分布する一握りの構造は、常圧で安定/準安定な相に相当する。最もエネルギーの低い構造としてwillemite構造 (I相) が得られ、実際の常圧安定相である。高圧相は密度の高い側のエネルギー最下部に現れる。これまでの計算では既知構造のI, II相, スピネル構造は予測されたが、オリビン, III, IV, V (変形スピネル)相は今の所予測されていない。これが使ったポテンシャルの問題なのか、XtalOptのためなのかは不明である。

一方、2つの新しい構造が予測された。1つはIII相の類似構造であるが、これは高圧相ではない。もう1つの構造は、スピネル構造からSiを空いている4配位席へ移動させ、隣接する2つのZnも空席に移動させることで得られる (Fig. 1)。

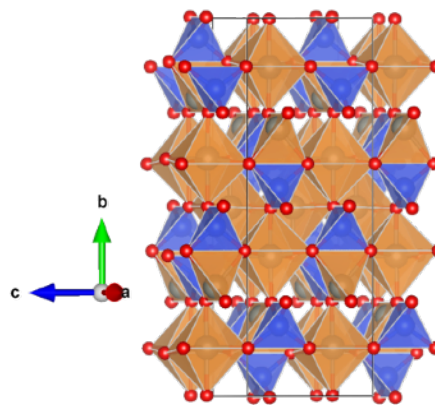


Figure 1. Structure of Cmcm Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> phase predicted by XtalOpt. Blue tetrahedra are SiO<sub>4</sub>, and orange polyhedra are ZnO<sub>4</sub> and ZnO<sub>6</sub>. Drawn by VESTA

現在合成されているZn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>相で低圧相はZnの配位数が4であることが多く、6配位のみなのはV相だけである(オリビン、スピネル相は安定ではない)。III, IV相ではZnは4配位席のみを占め、Na<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>とAg<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>では4配位が1/2、今回のCmcm構造では1/4となり、V相を除くと最も4配位Znが少ない構造となる。Cmcm構造はNa<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>構造とも類似性を有するが、DFT計算からはNa<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>よりも安定であることが分かった。以前のDFT計算とも合わせて、III相の高圧相がAg<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>で、IV相高圧相が今回のCmcm構造であるとする以前の矛盾は解消される。また、酸素パッキング的にIIIとAg<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>はHCPで、IVとCmcmはCCPであり、酸素パッキングはそのまま陽イオンの空席への移動でそれらの間での転移が生じていると予想される。今後、X線回折法による測定を実施する予定である。

Keywords: crystal structure prediction, Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>  
\*Corresponding author: mkanzaki@okayama-u.ac.jp

## 溶液中の Na と K による vaterite の calcite 化速度の逆転.

古川 登 (千葉大・理)

The reverse effect of vaterite calcitization by Na and K in aqueous solution.

FURUKAWA Noboru (Chiba Univ.)

炭酸カルシウムの多形の一つである vaterite の合成方法の一つに、CaCl<sub>2</sub> の溶液に炭酸塩の水溶液を混合する方法がある。炭酸塩には K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> や Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> などが用いられる。

発表者は、炭酸カリウムの溶液を使用して vaterite を作成したが、炭酸ナトリウムを使用して作成した vaterite(松田 他, 1968) よりも短時間で calcite 化が進み、溶液中の Na と K が vaterite の calcite 化に異なる効果を与える可能性が示唆された。

そこで、発表者は vaterite の生成時及び calcite への変化時に K と Na それぞれの与える影響を実験的に観察した。

出発物質の vaterite は、攪拌した 30°C の 0.5M CaCl<sub>2</sub> 溶液に 30°C の 0.5M K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液もしくは 0.5M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液、およびこれらの炭酸塩溶液に 0.25M K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> を加えた溶液を混合して作成した。0.5mL のマイクロチューブに、これらの vaterite と溶液を入れ、4°C の冷蔵庫に設置し 21 日後まで定期的に回収した。溶液は超純水、及び vaterite の生成に使用した溶液を用いた。生成物は XRD で測定し、vaterite か

Keyword: vaterite, calcite, sodium, potassium, inhibit  
furukawa@faculty.chiba-u.jp

ら calcite への変化率は、Rao (1973) の方法を用いて求めた。

Na を含む溶液は、超純水での反応に比べ、calcite 化を抑制する効果を示した。また硫黄は vaterite 生成時、反応溶液に添加した場合のどちらでも calcite 化を抑制する方向に作用した。特に、vaterite 生成時と反応溶液の両方に S を添加した場合に著しく calcite 化の速度が低下した。

これに対し、K を含む溶液は、Na とは逆に calcite 化を促進する効果を示した。また S は vaterite 生成時、反応溶液に添加した場合のどちらでも、Na と同様に calcite 化を抑制する方向に作用した。

このことは、パミール高原やエルズミア島のような温泉水から析出した vaterite について、その温泉水の組成や vaterite の保存される期間の違いについての手がかりとなるかもしれない。

## 水晶表面の被覆成長層の特徴と形成プロセス

大藤弘明 (東北大・院理), 渡辺梨乃 (愛媛大・GRC)

### Property and formation process of the overgrowth layer on quartz crystals

Hiroaki Ohfuji\* (Sci., Tohoku Univ.), Rino Watanabe (GRC, Ehime Univ.)

We studied the characteristics and formation process of microcrystalline quartz covering the {100} planes of hydrothermal quartz crystals using natural samples with small and large degrees of the overgrowth. The result showed that the formation of microcrystalline quartz initiates with roughening of {100} surface as a result of rapid increase in supersaturation of the solution, followed by the elongated growth of quartz crystals toward [001] perpendicular to the {100} of the mother quartz crystal through geometric selection.

#### はじめに

石英 (SiO<sub>2</sub>) の自形結晶である水晶は古くから観察、研究され、「面角一定の法則 (Steno, 1669)」に代表されるように、鉱物結晶学の基礎確立において普遍的かつ重要な対象とされてきた。今回我々は愛媛県の石鎚層群凝灰岩中に産する熱水性水晶の柱面を被覆する微結晶水晶の観察に端を発し、カクタスクォーツやスピリットクォーツなどと呼ばれる極端な被覆成長層を伴う水晶にまで観察対象を広げて記載研究を行った。水晶表面の被覆成長については、母結晶の成長方向と表面構造の関係性を論じた Laemlein (1941) の他には研究例はなく、その起源と形成プロセスはよく分かっていない。そこで、我々はこの古くて新しいテーマを追求するために、近代的な分析手法を用いてマイクロナノレベルでの観察を行った。

#### 研究試料と手法

研究試料には、水晶の一部の柱面が二次成長した微結晶でわずかに被覆されたもの (愛媛県久万高原町産、岩手県陸前高田市玉山金山産) と柱面全体が多数の微~小結晶水晶で被覆されたもの (南アフリカ産) を用いた。試料をエポキシ樹脂に包埋後、柱面に平行に切断し、薄片・厚片を作成した。内部組織の観察には、デジタルマイクロスコープ、偏光顕微鏡、SEM-EDS、カソードルミネッセンス (CL) を用いた。また、母結晶と被覆成長層との境界部分から FIB を用いて薄膜を切り出し、TEM で観察した。

#### 結果と考察

被覆成長の程度の低い久万高原町産の水晶は、ほとんどの場合、連続した3面の柱面 (6面中) において1 mm 以下の微結晶水晶の被覆を伴い、柱面を指で触るとザラザラした感触を与える。その薄片を偏光顕微鏡で観察すると、母結晶の最外表に厚さ 200 μm ほどの波動消光を示す層が観察され、柱面を被覆する微結晶水晶はその波動消光層から成長していることが分かった。この部分から FIB を用いて薄膜を切り出し、TEM 観察を行ったところ、波動消光を示す層は母相の水晶と結晶方位を共有するものの、(100) 柱面に対して平行に多数の積層欠陥を含み、全体として 10° 程度の格子ミスフィットを伴うことが分かった。

一方、多数の水晶が隙間なく柱面を覆う南アフリカ産のカクタスクォーツにおいても被覆層の根元部分、母結晶の最外表に厚さ 100-150 μm ほどの波動消光を示す層が観察され、被覆成長結晶はやはりこの層を基盤として成長していた。被覆成長水晶の結晶方位 (c 軸) の配向性は、下部 (母結晶側) では弱い。上部 (外側) にゆくにつれて強くなり (母結晶柱面に対して垂直に伸長成長)、幾何学的選別が働いた結果と解釈される。

以上の観察結果より、水晶柱面における二次成長水晶の被覆は、1) 溶液過飽和度の急激な上昇による成長界面のラフニング、2) 微小核の形成と微結晶水晶の成長、3) 幾何学的選別による平行連晶組織の形成 (被覆層の肥大化) のプロセスを経て生じたと考えられる。

Keywords: quartz, overgrowth layer, wavy extinction, misorientation

\*Corresponding author: ohfuji@tohoku.ac.jp

## Poster presentation | R4: Mineral sciences of the Earth surface

📅 Mon. Sep 19, 2022 9:00 AM - 3:30 PM JST | Mon. Sep 19, 2022 12:00 AM - 6:30 AM UTC | 🏢 B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

**R4: Mineral sciences of the Earth surface**

Onsite Poster Core time

12:15 - 14:15

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R4P-01] Observation of pH distribution during the formation of CaCO<sub>3</sub> in gel media

\*Shinji Matsumoto<sup>1</sup>, Jun Kawano<sup>1</sup>, Takashi Toyofuku<sup>2,3</sup>, Yukiko Nagai<sup>2,4</sup>, Takaya Nagai<sup>1</sup> (1. Hokkaido Univ. Sci., 2. JAMSTEC, 3. TUMSAT, 4. NMNS)

---

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R4P-02] Texture observation on the calcite-aragonite interface in the skeletons of culturing scleractinian coral

\*Satoko Motai<sup>1</sup>, Saki Harii<sup>2</sup>, Naotaka Tmioka<sup>3</sup>, Motoo Ito<sup>3</sup> (1. Yamagata Univ. Sci., 2. Univ. of Ryukyus, 3. KOCHI, JAMSTEC)

---

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R4P-03] Inorganic synthesis of dolomite at ordinary temperatures and pressures

[Presentation award entry]

\*Maho Hasegawa<sup>1</sup>, Yuki Kubota<sup>1</sup>, Hiromi Konishi<sup>1</sup> (1. Niigata Univ.)

---

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R4P-04] Formation of Mn oxide nanoparticles catalyzed by nano Fe oxide

\*Sayako Inoue<sup>1</sup> (1. GRC Ehime Univ.)

# ゲル内での $\text{CaCO}_3$ 形成過程における pH 変化の観察

松本信二 (北大)\*・川野 潤 (北大)・豊福高志 (JAMSTEC, 海洋大)・

長井裕季子 (JAMSTEC, 科博)・永井隆哉 (北大)

## Observation of pH distribution during the formation of $\text{CaCO}_3$ in gel media

Shinji Matsumoto (Hokkaido Univ.)\*, Jun Kawano (Hokkaido Univ.), Takashi Toyofuku (JAMSTEC, TUMSAT),

Yukiko Nagai (JAMSTEC, NMNS), Takaya Nagai (Hokkaido Univ.)

### はじめに

炭酸カルシウム  $\text{CaCO}_3$  は生体硬組織を構成する主要な鉱物であり、その形成メカニズムを明らかにするために数多くの研究が行われてきた。近年、生体環境を模した  $\text{CaCO}_3$  合成の手法として、ゲルの両側から陽イオンと陰イオンをそれぞれ拡散させ、結晶を形成させるゲル内二重拡散法が注目を集めている。しかし、ゲル内でのイオンの挙動を直接的に知ることはできないため、そこで形成する多形や形態についての結晶形成メカニズムを pH やイオン濃度と比較して定量的に議論することは困難であった。私たちの研究グループはこれまで、蛍光プローブを用いて水溶液中で溶解する鉱物近傍の pH 分布の時間変化を二次元可視化する取り組みを行ってきた。この手法を適用すれば、ゲル内における結晶成長環境の可視化が可能となる。本研究では、ゲル内二重拡散法を用いて  $\text{CaCO}_3$  合成実験を行い、形成環境の pH 分布の時間変化を、蛍光プローブを用いて顕微鏡下で二次元可視化することで、形成メカニズムを検討することを試みた。

### 実験手法

pH の可視化は、pH によって異なる強度の蛍光を示す試薬 HPTS (8-hydroxyprone-1,3,6-trisulfonic acid) を用いて行った。この試薬を含む pH 既知の溶液に、異なる 2 種類の波長の励起光を照射して得られた蛍光強度の比をとって規格化し、校正曲線を作成した。HPTS を含んだ 2 cm

幅の短冊状の寒天ゲル (1wt%) の両側から、0.3 M の  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  及び  $\text{NaHCO}_3$  溶液をそれぞれ拡散させ、10 分間隔で蛍光像を撮影して校正曲線に従って定量化することにより、 $\text{CaCO}_3$  形成時の pH 分布の時間変化を示す連続画像を得た。観察には、様々な位置で形成する結晶を捉えるために自動ステージを搭載した蛍光顕微鏡を用いたほか、共焦点レーザー顕微鏡により形成する結晶近傍の詳細な観察を行った。

### 結果と考察

ゲル中に  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  及び  $\text{NaHCO}_3$  溶液を拡散させると、 $\text{NaHCO}_3$  側から pH が上昇していくのが観察された。約 3 時間後にゲルの中央からやや  $\text{NaHCO}_3$  寄りの場所で結晶化が始まるとともに、pH は低下することが確認された。その後、結晶の形成は、最初に結晶化した場所の両側でも進み、最初に結晶化した場所では菱面体、 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  側では菱面体の集合体、 $\text{NaHCO}_3$  側では球形の結晶がそれぞれ卓越していた。結晶化時の pH や pH 勾配は場所ごとに異なっており、これらの形態の違いに影響を及ぼしている可能性が示唆される。また、いくつかの形態の異なる結晶において、成長時の結晶近傍の pH が、周囲の平均的な pH より 0.1~0.2 程度低くなる現象が確認された。より高精度な定量を行うことにより、このような局所的な pH 変化を多形や形態の違いと結び付けて考察することが可能になると期待できる。

Keywords: calcium carbonate, visualization, pH, counter diffusion system

\*Corresponding author: matsumoto.shinji.q2@elms.hokudai.ac.jp

## 人工飼育サンゴ骨格のカルサイト-アラゴナイト境界の組織観察

甕聡子 (山形大・理), 波利井佐紀 (琉大・熱生研),  
富岡尚敬, 伊藤元雄 (JAMSTEC・高知コア研)

Texture observation on the calcite-aragonite interface  
in the skeletons of culturing scleractinian coral

Satoko Motai \*(Yamagata Univ.), Saki Harii (Univ. of Ryukyus),  
Naotaka Tomioka, Motoo Ito (KOCHI, JAMSTEC)

造礁サンゴは主に熱帯・亜熱帯の浅海で体内の褐虫藻と共生する動物であり, 炭酸カルシウム(CaCO<sub>3</sub>)で構成される外骨格を持つ。これまで造礁サンゴ骨格はアラゴナイトの多結晶集合体であると考えられてきた。しかし近年になって, 低温海域の南極海に生息し褐虫藻を持たない種や, 海水の元素組成比が現在と異なる白亜紀に, カルサイトを骨格構成鉱物とするサンゴがいることが報告されている (Stolarski et al., 2007; Stolarski et al., 2021)。本研究では, サンゴの石灰化における多形選択の過程について検証するため, カルサイトの析出しやすい環境下でサンゴを飼育し, サンゴ骨格の微細組織観察を行った。

カルサイトを形成させるため, 共生藻から隔離した造礁サンゴ幼生 (*Acropora* sp.) を Stanley and Hardie (1998) によりカルサイトが析出しやすいとされた Mg/Caモル比2.0以下の海水中で保持した。その後, ペプチド試薬 (Hym-248) を添加し稚ポリプへと変態させ石灰化を開始させ, 1~2週間飼育した。生体部は次亜塩素酸ナトリウムで除去した。得られた骨格は光学顕微鏡下で, 6回対称の隔壁で形成されるコラライトと底盤を持つ典型的な造礁サンゴ骨格構造を有することを確認した。骨格を樹脂包埋し, 骨格の垂直な成長方向に平行な断面を研磨した。高知コア研究所に設置されている分析走査型電子顕微鏡 (SEM-EDS) で骨格中のCa, Mg分布の不均一を観察した後, ラマン顕微鏡 (RAMANtouch, Nanophoton, Osaka) による分析でMgに乏しい領域にアラゴナイト, Mgに富む領域にカルサイトの分布が対応付けられた。集束イオンビームでアラゴナイト-カルサイト両領域を含む薄膜を作成し, 透過型

電子顕微鏡 (TEM) で観察した。

TEM観察は骨格が粒状で粒径は200 nmを超えない結晶から構成されることを示した。粒界には10 nm程度の空隙がみられる。制限視野回折像による鉱物相同定からは, SEM-EDSおよびラマン分析からカルサイトが主要構成物と推測された領域にもアラゴナイトが混在することが示された。一方, アラゴナイトが主要構成物と推測された領域でカルサイトの検出されていない。SEM-EDSおよびラマン分析によるカルサイトの分布はサンゴ骨格の下部に集中するため, カルサイトの析出は石灰化初期である。よってサンゴ骨格形成場において, 石灰化の最初期にはカルサイトとアラゴナイトが同時期に析出するような環境が続き, その後アラゴナイトのみを析出するような環境に変化すると考えられる。

炭酸カルシウムの多形選択に関わる要因は, 有機物テンプレート, Mg/Caモル比が提唱されている (Kitano 1962; Cuif et al., 2003)。多形を制御する有機物が本研究で観察された結晶粒界の空隙に普遍的に存在していた場合, アラゴナイトとカルサイトが混在する領域を説明できない。そのため有機物テンプレートは局所的に存在することが考えられる。一方, Mg/Caモル比が要因の場合, アラゴナイトとカルサイトの混在は骨格形成場が均一なMg/Caモル比だと説明できず, Mg/Caモル比が不均一な形成場であると考えられる。

Stolarski et al., 2007, *Science*, 318, 92–94.

Stolarski et al., 2021, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 118, e2013316117.

Stanley and Hardie, 1998, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 144, 3–19.

Cuif et al., 2003, *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 67, 75–83.

Kitano, 1962, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 35, 1973–1980.

Keywords: reef-building coral, biomineralization

\*Corresponding author: motai@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

## 常温常圧環境下におけるドロマイトの無機的合成

## Inorganic synthesis of dolomite at ordinary temperatures and pressures

長谷川舞帆 (新潟大・院自然), 久保田祐己, 小西博巳\* (新潟大・理)

Maho Hasegawa, Yuki Kubota, and Hiromi Konishi\* (Niigata University)

炭酸塩鉱物の一種であるドロマイト [CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] は、地質時代の堆積岩には多く産出するが、現在の地球表層環境下では、形成場所はごく限られた場所に限定される。また、地球表層の条件では、ドロマイトの無機的合成は難しい。このパラドックスは「ドロマイト問題」と呼ばれている。

Oomori らの実験 (1982) では、海水を 1/7~1/10 の体積まで濃縮 (蒸発), Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> を加え 15~55 mM の濃度にした溶液から、常温で protodolomite が生成したが、溶液の pH 条件との関係は不明である。

本研究では、どの程度海水組成に近い条件で常温環境下でドロマイトの無機的合成が可能かを検証する。ドロマイト形成を左右する要因としては、溶液の Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>イオン濃度と pH が考えられる。そこで、溶液のイオン濃度および pH を調整して無機合成実験を行い、沈殿物を XRD でキャラクターゼーションした。本研究では、塩湖やメタン湧水帯などの海水を想定し、イオン濃度を設定した。

実験手法について、CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, NaHCO<sub>3</sub> 溶液を混合し、NaOH 溶液で pH を上昇させ沈殿物を得た。その後、結晶化の促進のため 24 時間放置した。沈殿物を蒸留水で洗浄して乾燥させたのち、XRD による分析を行った。

溶液組成は、Ca : Mg 濃度が 10 : 50, 15 : 75,

20 : 100 (mM) の 3 種, その各々に HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度 30, 50, 100 (mM) を設定した。pH は 7, 8, 9, 10, 11 とした。なお、より詳細な沈殿条件を調べるため、pH=8.2, 8.5, 8.8 の条件を追加し、同様の手法で沈殿物を分析した。

XRD による分析の結果、結晶相はドロマイト, High Mg Calcite (HMC), アラゴナイト, モノハイドロカルサイト, ネスケホナイトである。粉末 X 線回折によりドロマイトのオーダーリングを示す反射が検出されなかったことから、本研究で得たドロマイトは Disordered dolomite である。

ドロマイトの沈殿は、pH8.2~9 かつ HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>が 50~100(mM) の条件で頻繁に生じた。pH9 以上の場合、比較的高濃度である Ca:Mg=20:100 (mM) の条件ではドロマイト沈殿は確認できず、モノハイドロカルサイトの沈殿が顕著となった。一方、pH7 では沈殿物のほとんどはアラゴナイトであり、稀に HMC が沈殿した。

(1)海水と同程度~1.5 倍程度の Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>濃度, (2)50mM 以上の HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度, (3)pH8.2~9 の条件が揃うと常温環境下においても Disordered dolomite 形成される。ドロマイト沈殿が報告されている塩湖には、この条件を満たすものがあることから、バクテリア媒介によるドロマイトの沈殿に加え、無機的沈殿が重複している可能性がある。

Keywords: Dolomite, Disordered dolomite, Microbe-mediated mineralization

\*Corresponding author: hknishi@geo.sc.niigata-u.ac.jp

# 鉄酸化物を触媒とするマンガン酸化反応によるマンガン酸化物生成

井上 紗綾子 (愛媛大 GRC)

## Formation of Mn oxide nanoparticles catalyzed by nano Fe oxide

Sayako Inoué (GRC Ehime Univ.)

マンガン水酸化物・オキシ水酸化物・マンガン酸化物 (Mn 酸化物) は地球表層環境での元素の循環に重要な役割を果たすことが知られている。水の存在する環境中では溶存  $Mn^{2+}$  イオンが安定である。さらに三価または四価の Mn は Mn 酸化物として存在する。 $Mn^{2+}$  イオンの酸化速度は均一系では極めて遅く、効率良い酸化反応には触媒の存在が必要である。地球表層環境で見られる触媒の代表例として鉄酸化物 (Fe 酸化物) ナノ粒子が挙げられる。Fe 酸化物ナノ粒子への  $Mn^{2+}$  イオンの吸着に伴う酸化反応は酸性鉄排水などの表層環境で報告されており、水の存在する環境を模した条件での Mn 酸化還元反応実験も行われている。Mn 酸化還元反応を理解するためには、溶液反応を解析するとともに、Mn 酸化還元反応の生成物として得られる Mn 酸化物の結晶構造や形態を理解することが重要である。本研究では、地球上で一般的に存在する Fe 酸化物である赤鉄鉱と針鉄鉱が存在する溶液中での  $Mn^{2+}$  酸化実験の生成物の解析を行い、Fe 酸化物の触媒としての性質と生成物 Mn 酸化物の関係を明確にする。

本研究で触媒として平均粒径 7 nm と 38 nm の合成赤鉄鉱 (7H, 38H) と合成針鉄鉱 (G) を使用した。赤鉄鉱は Madden and Hochella (2005)、針鉄鉱は Zhang et al. (2011) の方法を用いて合成した。反応容器中で 20 mg の Fe 酸化物と pH 7.5、濃度 1 mM の  $Mn^{2+}$  水溶液 50 mL を 2 週間反応させ、反応開始 2 日後、1 週間後、2 週間後に生成物を回収した。生成物の形態、結晶構造、化学組成を透過電子顕微鏡 (TEM) と走査電子顕微鏡 (SEM) で解析した。さらに、Fe 酸化物の代わりに粒径 3.5  $\mu m$  のクリストバル石を用いた実験も行った。

赤鉄鉱が存在する溶液中では粒径に関わらずワイヤ状のマンガナイト ( $\gamma$ - $MnOOH$ ) が生成された。TEM と SEM で測定した 2 週間反応後のマンガナイトナノワイヤの平均粒径は直径 21

nm, 長さ 906 nm (7H), 直径 47 nm, 長さ 2192 nm (38H) となり、7H に比べて 38H の方が直径、長さ共に大きなマンガナイトナノワイヤが見られた。7H と 38H の生成物の結晶構造には大きな違いは見られなかった。一方で、針鉄鉱とクリストバル石が存在する溶液中では粒子表面への Mn の吸着は認められたが、2 週間の間には Mn 酸化物の生成は確認出来なかった。

Chernyshova et al. (2011) では、赤鉄鉱の Mn 酸化反応を促進する作用は粒径が小さくなるにつれて弱くなることを報告している。これは赤鉄鉱の粒径が小さくなり結晶性が低下することで、電気化学的な性質が変化し、赤鉄鉱表面に吸着した酸素と  $Mn^{2+}$  の電子授受が効率よく行われなくなるためと考えられている。本研究で見られた生成物の粒径差は Chernyshova et al. (2011) で見られた傾向と調和的であり、生成物マンガナイトナノワイヤの成長速度は赤鉄鉱の触媒としての性質と関係していることが示唆される。針鉄鉱については、赤鉄鉱と同様のバンド構造を持つと考えられているが、マンガナイトナノワイヤの生成が確認されなかったことから、Fe 酸化物の形態や結晶構造が Mn 酸化反応の生成物の種類と形態に影響を与えると考えられる。

**Keywords: Hematite, Manganite, Nanoparticle-catalyzed redox reaction**

**\*Corresponding author: inoue.sayako.nr@ehime-u.ac.jp**

## Poster presentation | R8: Metamorphic rocks and tectonics

📅 Mon. Sep 19, 2022 9:00 AM - 3:30 PM JST | Mon. Sep 19, 2022 12:00 AM - 6:30 AM UTC | 📍 B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

**R8: Metamorphic rocks and tectonics**

Onsite Poster Core time

12:15 - 14:15

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-01] Rutile exsolution lamella of garnet in quartz eclogite from the Sanbagawa Belt Gongen Mountain, central Shikoku, Japan

[\[Presentation award entry\]](#)

\*Tomohiro Takebayashi<sup>1,2</sup>, Yui Kouketsu<sup>1</sup>, Katusyoshi Michibayashi<sup>1</sup> (1. Nagoya Univ. Env. , 2. Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-02] Garnet-forming partial melting in the presence of a fluid phase: an example from a pelitic migmatite in the Higo metamorphic terrane

[\[Presentation award entry\]](#)

\*Natsumi Yoshimoto<sup>1</sup>, Tetsuo Kawakami<sup>1</sup>, Satoshi Hojo (1. Kyoto Univ.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-03] Ultrahigh-temperature metamorphism and melt inclusions from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica

\*Fumiko Higashino<sup>1</sup>, Tetsuo Kawakami<sup>1</sup> (1. Kyoto Univ. Sci.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-04] Investigating sulfur pathways using sulfur isotopes in high-grade metamorphic rocks at Mt. Riiser-Larsen, Napier Complex, East Antarctica

\*Tokuya Mitsubori<sup>1</sup>, Madhusoodhan Satish-Kumar<sup>2</sup>, Tomokazu Hokada<sup>3</sup> (1. Niigata Univ. Grad. Sci., 2. Niigata Univ. Sci., 3. NIPR)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-05] **Metamorphism of pelitic and psammitic rocks in Chitradurga Schist Belt, the Dharwar Craton, southern India**

\*Tomokazu Hokada<sup>1,5</sup>, Satish-Kumar M.<sup>2</sup>, Tsuyoshi Toyoshima<sup>2</sup>, Kyoko Kataoka<sup>2</sup>, Yuichiro Ueno<sup>3</sup>, Kaoru Mishima<sup>3</sup>, Abdulla Nasheeth<sup>4</sup>, Takamoto Okudaira<sup>4</sup>, Chiaki Ikawa<sup>5</sup> (1. NIPR, 2. Niigata Univ., 3. Tokyo Inst. Tech., 4. Osaka Metropolitan Univ., 5. SOKENDAI)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-06] **Kinematics of the Mahanadi Shear Zone (MSZ) – part of a Y-shaped Freeway junction developed in the northern Eastern Ghats Belt, India**

Shuvankar Karmakar<sup>2</sup>, Gautam Ghosh<sup>2</sup>, \*Dyuti Prakash Sarkar<sup>1</sup>, Sankar Bose<sup>2</sup> (1. Hiroshima Univ., 2. Presidency Univ.)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-07] Structural architecture of an Archean collision zone; Insights from the Gadag-Mandya Shear Zone (GMSZ) and associated schist belts, Dharwar Craton, southern India

\*Sreehari Lakshmanan<sup>1</sup>, Tsuyoshi Toyoshima<sup>2</sup>, Yoshihiro Nakamura<sup>3</sup>, Satish-Kumar Madhusoodhan<sup>2</sup>, Sajeev Krishnan<sup>4</sup> (1. Shimane U, 2. Niigata U, 3. AIST, 4. IISc)

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-08] Sulfur isotope study of metacarbonate rocks from Highland Complex, Sri Lanka

\*Aoi Yohioka<sup>1</sup>, Satish-Kumar Madhusoodhan<sup>2</sup>, Kosuke Goto<sup>3</sup>, Gen Shimoda<sup>3</sup>, Sanjeewa P. K. Malaviarachchi<sup>4</sup> (1. Grad. Sch. Sci. Tech., Niigata Univ, 2. Fac. Sci., Niigata Univ., 3. AIST-GSJ, 4. Univ. Peradeniya, Sri Lanka)

---

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-09] Metamorphic history of corundum-bearing high-pressure amphibolite from the Paleoproterozoic Usagaran Belt, Tanzania

\*Rio Higuchi<sup>1</sup>, Tatsuki Tsujimori<sup>2</sup>, Nelson Boniface<sup>3</sup> (1. Dept. Earth Sci., Tohoku Univ., 2. CNEAS, Tohoku Univ., 3. UDSM)

---

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-10] Detrital zircon U-Pb age and metamorphic thermal structure of the Yokokawagawa metamorphic rocks in central Japan

\*Hiroshi Mori<sup>1</sup>, Hiroki Mizumura<sup>2</sup>, Tetsuya Tokiwa<sup>1</sup>, Kohei Yoshikawa<sup>1</sup>, Yuki Nobe<sup>3</sup>, Yui Kouketsu<sup>4</sup> (1. Shinshu Univ., 2. Kyowa Sekkei, 3. Electric Power Development, 4. Nagoya Univ.)

---

9:00 AM - 3:30 PM JST | 12:00 AM - 6:30 AM UTC

[R8P-11] Brittle fractures of albite porphyroblasts in the pelitic schists of the Sanbagawa metamorphic belt, Kanto Mountains

\*Mutsuko Inui<sup>1</sup>, Shuto Kojima<sup>1</sup>, Yoshiya Nagatsuma<sup>1</sup> (1. Kokushikan Univ.)

## 四国中央部三波川帯権現山に産する石英エクロジャイト中の ザクロ石におけるルチル離溶ラメラ

竹林知大\* (名古屋大・院環境/ふじのくに地球環境史ミュージアム),

瀨瀬佑衣 (名古屋大・院環境), 道林克禎 (名古屋大・院環境)

### Rutile exsolution lamella of garnet in quartz eclogite from the Sanbagawa Belt Gongen Mountain, central Shikoku, Japan

Tomohiro Takebayashi (Nagoya Univ., Env./ Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka),

Yui Kouketsu (Nagoya Univ., Env.), Katsuyoshi Michibayashi (Nagoya Univ., Env.)

ザクロ石中の Ti±Fe 鉱物の離溶ラメラは、減圧時にザクロ石中の Ti 相が 1 相から 2 相共存への安定化によって起きる。Ti 溶解度に及ぼす温度圧力条件は、実験的研究がなされており、とくにルチルやイルメナイトなどの Ti-針状ラメラは高い圧力に顕著に依存することが報告されている (Zhang et al., 2003)。一方、天然のザクロ石中のルチル離溶ラメラは、超高压条件下またはマントル起源の報告例が多く、例えば、中国 Sulu のエクロジャイト (e.g. Zhang et al., 1994)、アメリカユタ州 Garnet Ridge ザクロ石 (e.g. Sato and Ogasawara, 2013, Sakamaki et al, 2016) 等が挙げられる。

本研究対象の石英エクロジャイトは、四国三波川帯権現山のかんらん岩岩体と五良津岩体の境界に分布し、変成ピーク時の温度圧力条件が 1.7–2.4 GPa, 675–750°C の温度圧力条件が見積もられ、三波川変成帯の最深部に相当すると解釈されている (e.g. Miyamoto et al., 2007)。また、この岩石のザクロ石の化学組成は一つの岩石中に 4 種類の化学組成をもつザクロ石が見つかり、それらが沈み込み、上昇、加水の変成履歴を反映していると考えられている (Enami et al., 2018)。

本研究では、三波川帯権現山に産する石英エクロジャイトの転石を、山頂、山道、及び床鍋沢で採取し、石英エクロジャイトにおけるザクロ石中から規則的に配列する針状の包有鉱物を発見した。ラマン分析の結果及び規則的な配列からルチルの離溶ラメラと確認された。Ti 鉱物を包有する

ザクロ石の大きさは、長径約 2.0–4.4 mm の半自形から伸長した形状を成す。包有される Ti 鉱物の形状は、針状、短冊状(ロッド状)、球状の三種類である。特に、針状の鉱物は同じ方向に規則的に並ぶ離溶ラメラ組織を示す。ザクロ石中のルチル離溶ラメラは、山道と床鍋沢の石英エクロジャイト転石に確認された。

ザクロ石中の Ti-包有鉱物の分布は、(1)コア部(山道試料)、(2)リム部(山道試料)、そして(3)全体(沢試料)である。ザクロ石の化学組成は、Sps 成分が乏しく、Prp 成分に富む (i.e. タイプ 1 型: Enami et al., 2018)。(1)及び(3)のザクロ石は組成累体構造を示さず、(2)のザクロ石は、不均質な組成累体構造を示す。

これまでザクロ石中のルチル離溶ラメラは、合成実験においても超高压(超高温)での議論がなされ、天然の産出例として超高压(超高温)以上のザクロ石からの報告例に限られた。一方、三波川帯における石英エクロジャイトは超高压条件下に達していないにも拘わらず、ルチル離溶ラメラが確認された。この意味は、三波川帯石英エクロジャイトのザクロ石からルチル離溶ラメラが高压変成領域にて形成できる証拠を示唆し、変成圧力を制約する上でルチル離溶ラメラが新たな指標となる可能性を示している。本研究発表では、Ti 離溶ラメラと包有鉱物の分類、産状、それらの包有物を含むザクロ石の組成について記載報告をする。

Keywords: Sanbagawa, Quartz Eclogite, Garnet, Lamella, Rutile

\*Corresponding author: taketomo.geology@gmail.com

## 流体相共存下でのザクロ石を形成する部分融解 —肥後変成帯泥質ミグマタイトの例

善本夏実\* (京大・院理)、河上哲生 (京大・院理)、北城諭

### Garnet-forming partial melting in the presence of a fluid phase: an example from a pelitic migmatite in the Higo metamorphic terrane

Natsumi Yoshimoto\* (Kyoto Univ.), Tetsuo Kawakami (Kyoto Univ.), Satoshi Hojo

地殻深部岩石中の流体相は、粒間にわずかに存在するのみであるため [1]、中部～下部地殻で起きる部分融解の大半は、流体相が関与しない脱水融解反応であると考えられてきた [2]。ペリテクティックな鉱物中にメルト包有物が取り込まれてできるナノ花崗岩包有物は、岩石が部分融解した直接的な証拠である [3]。近年、メルト包有物と C-O-H 流体包有物がザクロ石の同じ領域に包有される組織が報告された [4]。この組織は、C-O-H 流体の存在下でザクロ石を形成する部分融解反応が起きたことを示す。

このような現象の本邦での例として、領家変成帯青山高原地域では、C-O-H 流体の存在下での部分融解が、ミグマタイト帯で広く起きていたことがわかっている [5]。そこで本研究では、流体相存在下での部分融解反応が他の高温低圧型の変成帯でも普遍的か否かを調べる目的で、肥後変成帯に産する砂泥質ミグマタイトの記載岩石学的研究を行った。

肥後変成岩類は中～高変成度の片麻岩で構成され、角閃岩相高温部～グラニュライト相の変成作用を受けている [e.g., 6]。本研究では、肥後変成岩類の D 帯に産する砂泥質メタテキサイト [7]の詳細な観察を行った。D 帯の温度圧力条件は、720-840°C、4.5-6.5 kbar である [6]。

本研究試料の主要鉱物組合せは Sil、Grt、Crld、Bt、Kfs、Pl、Qtz である。Grt は直径およそ 3 mm で、高い Ca 濃度と低い P 濃度をもつコア、中間的な Ca 濃度と低い P 濃度を持つマントル、低い Ca 濃度とやや高い P 濃度を持つリムに分けられる。コアは Sps、Grs 成分に富む

(Alm<sub>0.31-0.75</sub>Prp<sub>0.01-0.13</sub>Grs<sub>0.16-0.28</sub>Sps<sub>0.14-0.41</sub>)。コアからリムにかけて、Alm、Prp 成分は連続的に増加し、Grs、Sps 成分は連続的に減少する。

コアには Pl (>An<sub>90</sub>)、Qtz、Ilm、マントルには Qtz、Pl、Bt、Ilm、Apa、ナノ花崗岩包有物、炭酸塩鉱物に富む多相包有物、リムには Qtz、Zrn、Apa が包有される。ナノ花崗岩包有物は長径 85 μm におよび、主に Qtz、Pl、Kfs、Bt で構成される。これとともにザクロ石中に包有される多相包有物は直径 10 μm 以下であり、主として炭酸塩鉱物と含水鉱物からなり、まれに CO<sub>2</sub> や石墨も含まれる。こうした多相包有物は、もともと C-O-H 流体としてザクロ石に取り込まれたものが、後退変成期にホストのザクロ石と反応することで二次的に形成されたと考えられている [4]。以上から、肥後変成帯 D 帯においてもザクロ石を形成する岩石の部分融解時に C-O-H 流体が存在したことが分かった。今後、具体的な部分融解反応とその温度圧力条件の決定が必要である。

引用文献: [1] Saywer et al., 2011. *Elements*, 7, 229-234. [2] Brown, 2013. *Geol. Soc. America Bull.* 125, 1079-1113. [3] Cesare et al., 2009. *Geology*, 37, 627-630. [4] Carvalho et al., 2019. *JMG*, 37, 951-975. [5] Yoshimoto & Kawakami, 2022. *JpGU. Abstr.* SMP27-01. [6] Obata et al., 1994. *Lithos*, 32, 135-147. [7] 北城, 1999. 熊本大学修士論文

keywords: fluid, nanogranites, partial melting

\*Corresponding author: [yoshimoto.natsumi.87z@st.kyoto-u.ac.jp](mailto:yoshimoto.natsumi.87z@st.kyoto-u.ac.jp)

# 東南極セール・ロンダーネ山地で見られる超高温変成作用と メルト包有物

東野文子\*、河上哲生（京都大学）

## Ultrahigh-temperature metamorphism and melt inclusions from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica

Fumiko Higashino\*, Tetsuo Kawakami (Kyoto University)

超高温変成作用とは、地殻岩石が 0.5-1.8 GPa の圧力で > 900°C に達する極めて高温な変成作用である [1]。超高温変成作用は、鉱物組み合わせに加え、ternary feldspar 温度計など超高温条件に適用可能な温度計によって確認される [e.g., 2, 3]。超高温変成作用時に生じた部分溶融メルトは、岩石中にメルト包有物として保存されうる。超高温メルトのみならず、部分溶融メルトの組成はメルト包有物を用いて復元されるが、メルト包有物の結晶化の有無や粒径が復元組成に与える影響は考慮されていない [4, 5]。

東南極セール・ロンダーネ山地は、 Gondwana 超大陸を形成する大陸衝突イベントの理解において重要な位置づけにある [e.g., 6]。同山地形成のテクトニックモデルは未だ議論の最中であるが、同山地の大部分は、約 5-6 億年前にグラニュライト相相当の変成作用を被ったとされる [7]。同山地では、転石から超高温変成作用が報告されており [8, 9]、東部バルヒェン山において > 900 °C, > 1.2 GPa から減温減圧する温度圧力履歴が提案されている [10]。しかし、これまで露頭から超高温変成作用を示す試料は見出されていない。そこで、本研究では、同山地東部バルヒェン山において、露頭から採取した超高温変成作用を記録する試料について報告する。

本研究試料は、バルヒェン山南部に産する珪線石—ザクロ石—黒雲母片麻岩である。主要構成鉱物は、ザクロ石、黒雲母、珪線石、斜長石、カリ長石、メソパーサイト、石英である。ザクロ石は、コアからリムにかけて Fe、Mn 濃度が増加する一方、Mg、Ca 濃度は減少する。主要元素および微量元素いずれにおいても、明瞭なコア/リム境界は確認できない。メソパーサイトは、マトリクスおよびザクロ石の中心部に包有物として産する。バルヒェン山北部では 850 °C、1.1 GPa のピーク変成条件が報告されてい

る [11]。そこで、0.8-1.0 GPa の圧力を仮定し、本試料のメソパーサイトに ternary feldspar 温度計 [3, 12] を適用したところ、圧力依存性を考慮しても、産状の違いに依らず > 900 °C を得た。すなわち、セール・ロンダーネ山地で、露頭で採取した試料から初めて超高温変成作用の記録が明らかとなった。

ザクロ石に包有されるメソパーサイトの近傍には、粒径 50-300 μm のナノ花崗岩包有物が包有され、その鉱物組み合わせは、黒雲母 + 石英 ± 斜長石、黒雲母 + 珪線石 + 紅柱石 + 斜長石 + 石英である。メソパーサイトとナノ花崗岩包有物の間に、包有時期の差異を示す鉱物組織は見られない。したがって、ナノ花崗岩包有物は超高温変成作用時に存在したメルトの可能性がある。本研究で得られたナノ花崗岩包有物の復元バルク組成は、花崗岩質で、石英初相領域にある。また、文献値によると、ザクロ石に包有される超高温のメルト包有物組成は、ガラス包有物よりもナノ花崗岩包有物の方が Mg に富む [4, 5]。本研究のナノ花崗岩包有物は、これらの先行研究のメルト包有物組成よりも優位に Mg に富む。これは、メルトがザクロ石に包有された後に組成改変しており、結晶化の有無や高温継続時間の違いによって組成改変の程度が異なる可能性を示す。したがって、メルト包有物を用いて部分溶融メルトの組成を議論する際には、各々の元素に応じてホスト鉱物との反応関係を考慮する必要がある。

引用文献: [1] Harley (2021) Encyclopedia of Geology [2] Harley (2008) JMG [3] Fuhrman & Lindsley (1988) Am. Min. [4] Gianola et al. (2021) JMG [5] Ferrero et al. (2012) JMG [6] Satish-Kumar et al. (2013) Precam. Res. [7] Osanai et al. (2013) Precam. Res. [8] Nakano et al. (2011) Polar Sci. [9] Baba et al. (2019) Min. Pet. [10] Grantham et al. (2013) Precam. Res. [11] Higashino et al. (2013) Precam. Res. [12] Benisek et al. (2004) Am. Min

Keywords: UHT metamorphism, nanogranitoid, mesoperthite

\*Corresponding author: higashino.fumiko.2m@kyoto-u.ac.jp

## 東南極ナピア岩体リーセル・ラルセン山の高度変成岩類の 硫黄同位体を用いた硫黄の追跡

三堀徳也 (新潟大・院自然), Satish-Kumar, M\*. (新潟大・理), 外田智千(極地研)

### Investigating sulfur pathways using sulfur isotopes in high-grade metamorphic rocks at Mt. Riiser-Larsen, Napier Complex, East Antarctica.

T. Mitsubori, M. Satish-Kumar\* (Niigata Univ.), T. Hokada (NIPR)

東南極ナピア岩体リーセル・ラルセン山地域には、約 25 億年前<sup>1</sup>に超高温変成作用(>900°C)を被った変成岩が広く露出しており、超高温変成作用や年代研究が盛んに行われてきた。本地域の変成条件として 0.6-0.9 GPa, 1000-1100 °C のピークとそれに引き続く等圧冷却の温度圧力経路が見積もられている<sup>2</sup>。本地域は直方輝石やザクロ石を含むフェルシック片麻岩が主に広がり、一部にはザクロ石珪線石片麻岩などの堆積岩起源だと考えられている準片麻岩もレイヤー状で確認できる。

本研究では、こうした超高温変成岩類中に産する硫化鉱物に着目して解析を行った。

これらフェルシック片麻岩とザクロ石珪線石片麻岩に含まれている硫化鉱物は、黄鉄鉱 (Py)、磁硫鉄鉱 (Po)、黄銅鉱 (Cp) の組み合わせタイプ、さらにペントランダイト (Pn) を含むものと、2 種類(Py+Po+Cp, Py+Po+Cp+Pn) に区分できる。硫化鉱物の産状は、ザクロ石やイルメナイトに包有されるもの、鉱物粒間に分布するもの、基質や粒間に確認され、いずれも他形ないし不定形

である。本研究ではこれら硫化鉱物を確認した上でサンプル粉末試料から硫黄を抽出し、全岩硫黄同位体比を分析した。

その結果、ザクロ石珪線石片麻岩の  $\delta^{34}\text{S}$  値が -3.0 ‰ から +2.0 ‰、直方輝石片麻岩の  $\delta^{34}\text{S}$  値は 0 ‰ から +4.0 ‰ の値を示した。どちらも大きな差異はなく、 $\delta^{34}\text{S}$  値がマントルや火成岩の報告されている値と整合的な結果となった<sup>3</sup>。しかしこれらの値は初生的な硫黄同位体比ではないと考えられる。Py が比較的多く確認できることや、硫化鉱物の産状からこれらの硫化鉱物は二次的な形成と解釈される。本地域一帯に見られる約 20 億年前に貫入したとされるマフィック貫入岩に含まれる硫化鉱物種の観察と硫黄同位体比を分析したところ、 $\delta^{34}\text{S}$  値は 0 ‰、Py+Po+Cp+Pn タイプであり、硫化鉱物の産状もザクロ石珪線石片麻岩に類似した。すなわち本地域高度変成岩類の硫黄同位体比はマフィック貫入岩の硫黄同位体比の影響を被った可能性が示唆される。

#### 引用文献

- 1: Harley and Black (1997) *Antarctic Science*. 9, 74-91.
- 2: Hokada et al. (2008) *Geol. Soc. Lon. Spec. Publ.* 308, 255-284.
- 3: Sakai and Matsuhisa (1996) *University of Tokyo Press*. 223-314.

Keywords: Sulfide minerals, Sulfur isotope, UHT metamorphic rocks, Napier Complex.

Tokuya Mitsubori e-mail: [f21e074k@mail.cc.niigata-u.ac.jp](mailto:f21e074k@mail.cc.niigata-u.ac.jp)

## インド南部ダールワール岩体チトラドゥルガ片岩帯の 泥質岩・砂質岩からみた変成作用

外田智千(極地研/総研大)\*・M. Satish-Kumar・豊島剛志・片岡香子(新潟大学)・  
上野雄一郎・三島郁(東工大)・Abdulla Nasheeth・奥平敬元(大阪公立大)・猪川千晶(総研大)

### Metamorphism of pelitic and psammitic rocks in Chitradurga Schist Belt, the Dharwar Craton, southern India

Hokada, T. (NIPR/SOKENDAI)\*, Satish-Kumar, M., Toyoshima, T., Kataoka, K. (Niigata Univ.), Ueno, Y.,  
Mishima, K. (Tokyo Inst. Tech.), Nasheeth, A., Okudaira, T. (Osaka Metropolitan Univ.), Ikawa, C. (SOKENDAI)

The Dharwar Craton in southern India is a typical Archaean granite-greenstone belt, which underwent regional metamorphism at about 2.5 Ga. We have investigated metamorphic mineral assemblages of pelitic and psammitic rocks within the greenstone belt of the Chitradurga Schist Belt (CSB), one of well-studied area located in the middle of the Dharwar Craton. The pelitic and psammitic rocks are characterized by biotite-muscovite assemblage with minor muscovite/muscovite-chlorite assemblages. Within the schist belt, the progressive change of the metamorphic grade is not clear, but muscovite-chlorite assemblage is observed sporadically in central to eastern part (relatively lower structural layer). These observations are not always consistent with the previously summarized south-north metamorphic variation (Raase et al., 1986) estimated from mafic rocks. Recently, Kiran et al. (2022) estimated the metamorphic temperature conditions based on the Raman spectroscopy on carbonaceous material thermometry and carbon isotope thermometry for carbonate rocks from the CSB. Incorporating these recent data, we discuss the petrography and progressive metamorphism of this part of Dharwar Craton and implications for the regional metamorphism of the Archaean greenstone belt.

インド南部ダールワール岩体は太古代の典型的な“花崗岩-緑色岩帯 (granite-greenstone belt)”として知られ、約 25 億年前に広域変成作用を受けたとされる。ダールワール岩体の中部に位置するチトラドゥルガ片岩帯 (Chitradurga Schist Belt, 以下 CSB とする) は太古代の緑色岩帯として様々な研究がなされているが、変成作用の解析は極めて限られる。Hokada et al. (2021) では、当該地域の泥質岩・砂質岩の鉱物共生と鉱物化学組成を報告し、広域的な変成条件の検討をおこなった。黒雲母 + 白雲母の鉱物共生が卓越し、白雲母のみ、あるいは白雲母 + 緑泥石の鉱物共生が認められる。変成度の累進的な変化は明瞭ではないが、比較的低変成度を示す白雲母 + 緑泥石の共生は中央部から東部の比較的構造的上位に産する。これらは、苦鉄質の解析に基づく Raase et al. (1986) によるダールワール岩体のより広域的な北から南に向かう変成度の上昇とは必ずしも調和的ではない。最近、Kiran et al. (2022) が同じ CSB の炭酸塩岩に着目して、炭質物ラマン温度計から 460-592°C、炭素同位体温度計から 450-560°C の変成温度と広域的な変成温度条件の変化を明らかにした。こうした炭酸塩岩の広域的な変成条件とあわせて、ダールワール岩体の太古代末期の変成作用について考察をおこなった。Kiran et al. (2022) では、炭質物ラマン温度計と炭素同位体温度計との得られた温度条件の一部のミスマッチについて、主要な変成作用後の流体活動などの影響を指摘している。実際、Hokada et al. (2021) においても、黒雲

母 + 白雲母の共生の一部が緑泥石に置き換えられているようにも見える泥質岩・砂質岩試料を見いだしている。その分布は、Kiran et al. (2022) での流体活動による低温のイベントの記録されている試料とは必ずしも一致しないが、分布域として片岩帯層序の下部～中部の Bababudab Group から Vanivilas Formation にかけての領域という共通点があるようにも見える。こうした点を考慮すると、CSB の広域的な変成条件は構造上位から下位に向かって白雲母 + 緑泥石から黒雲母 + 白雲母の共生への変成度の上昇が認められるとともに、広域的な変成作用後に CSB の中～下部領域において流体活動による改変が記録されている、と考えられる。Hokada et al. (2013) では、この地域の泥質岩・砂質岩中のモナザイトの EMP 年代測定を試み、25-23 億年前の誤差のやや大きい年代値とイレギュラーなモナザイト結晶形態などを報告している。これらは、Kiran et al. (2022) の炭酸塩岩などからも示唆される熱水活動と関係するものかもしれない。もこのように、炭酸塩岩と泥質岩・砂質岩との情報組み合わせることによって、いわゆる緑色岩帯の低～中変成度の広域変成作用について、さらに検討を深めることができると考えられる。

Hokada et al., 2013, *Precamb. Res.*, 227, 99-119. Hokada et al., 2021, Abstract JpGU2021 Meeting. Kiran et al., 2022, *Precamb. Res.*, 374, 106656. Raase et al., 1986, *J. Geol.*, 94, 261-282.

Keywords: Dharwar Craton, metamorphism, pelitic and psammitic, southern India

\*Corresponding author: [hokada@nipr.ac.jp](mailto:hokada@nipr.ac.jp)

## **Kinematics of the Mahanadi Shear Zone (MSZ) – part of a Y-shaped Freeway junction developed in the northern Eastern Ghats Belt, India**

Shuvankar KARMAKAR (Presidency Univ.), Gautam GHOSH (Presidency Univ.), Dyuti Prakash SARKAR\* (Hiroshima Univ.), and Sankar BOSE (Presidency Univ.)

The Eastern Ghats Belt (EGB) is a Proterozoic poly-deformed ultrahigh temperature (UHT) terrane that has developed, from north to south, along the southern and eastern margins of the Singhbhum, Bastar and Dharwar cratons in the southern Indian crustal block. Earlier workers proposed a crustal province-domain wise classification of the EGB based on Nd-model ages and discrete geological histories. At its junction with the Singhbhum Craton in the north, several sub-parallel to intersecting crustal-scale shear zones have developed within the EGB. Among these, the Y-shaped dextral freeway junction of the Ranipathar Shear Zone (RSZ) and the Mahanadi Shear Zone (MSZ) develops in between the northerly placed Angul domain and the southern Phulbani domain of the EGB. The present study is focused in a part of the MSZ around Boudh town, Odisha, India, occurring west of the Y-shaped dextral freeway junction. The NW-SE to E-W trending MSZ marks the northern strand of this Y-shaped structure and is of 64 km in length and 5–8 km in width in the present study area. In the MSZ high-grade rocks (mafic granulite, felsic-amphibolite gneiss and charnockite) are present as lenses and enclaves within mylonitized porphyritic granite. The northerly dipping mylonitic foliation trends E-W to NW-SE with a prominent down-dip to variably inclined stretching lineation on it. Mesoscopic shear sense indicators consistently point to a top-to-south shear sense when viewed in XZ sections. When viewed on YZ planes across the width of the MSZ, however, a heterogeneous flow pattern prevails, which is characterized by an opposite, centrally placed sinistral shear sense sandwiched between dominant dextral shear senses along MSZ boundaries. Absence of any cross-cutting relationships amongst the opposite shear sense (oss) fabrics negates the possibility of their generation through multi-stage deformation. Rather gradational nature of contacts between the oss fabrics suggest their simultaneous development during single progressive shearing within the MSZ. In single progressive deformation, oss fabrics developing in a shear zone might result from presence of heterogeneous rheologies, in sub-simple shear regime, in shear zipper junctions, differential stretching of fault wall rocks or from Poiseuille flow/ combined Couette-Poiseuille flow. Occurrence of similar lithologies across MSZ width is in contradiction to the first alternative. It is presumed that along strike variation in oss would be more expected in the cases of shear zipper junctions and differential stretching of fault wall rocks. These leave us with the alternatives that either Poiseuille flow/ combined Couette-Poiseuille flow or sub-simple shear during MSZ growth might account for the presently observed across MSZ width development of oss fabrics. This work thus gives insight into the kinematics of the crustal-scale MSZ that developed in combination with the RSZ as a Y-shaped freeway junction in northern EGB during a single-stage shearing episode.

**Keywords:** Shear zone, Freeway junction, Kinematics, Progressive deformation

\*Corresponding author: sarkardp16@hiroshima-u.ac.jp

## Structural architecture of an Archean collision zone; Insights from the Gadag–Mandya Shear Zone (GMSZ) and associated schist belts, Dharwar Craton (DC), southern India

L. Sreehari\* (Shimane Univ.), T. Toyoshima (Niigata Univ.), Y. Nakamura (AIST), M. Satish-Kumar (Niigata Univ.), K. Sajeev (IISc)

The Neoproterozoic Gadag–Mandya Shear Zone, also referred to as Chitradurga Shear Zone (Jayananda et al., 2013), is regarded as a terrane boundary between the cratonic blocks of DC and is interpreted as probable Archean suture (Li et al., 2018). We examined the structure, age, and stratigraphic relation around GMSZ, as well as the surrounding Meso–Neoproterozoic Chitradurga Schist Belt (CSB) and Javanahalli Schist Belt (JSB). The CSB's field-structural and geochronological relationships point to a three-stage rifting-related evolution of the schist belt. Lithofacies associations in the three CSB rift basins- Bababudan, Chitradurga, and Hiriyur Groups – indicate either a failed rift or a half-ocean. Precise stratigraphic indications of oceanic crust are absent in the CSB. Based on field relations and geochronology of felsic volcanic rocks, volcanosedimentary associations in the JSB are identified as part of the older Sargur Group. CSB is tightly folded with upright, parallel, and east to west verging D<sub>2</sub> folds. These folds are squeezed between D<sub>2</sub> reverse faults bordering different stratigraphic units. The JSB, on the other hand, has clear west verging upright, tight to isoclinal D<sub>2</sub> folds, and the folding intensity decreases eastward or away from the GMSZ.

The GMSZ is more than 200km long NW–SE to N–S trending shear zone which has a maximum width of ~2km in the center. Microstructural analysis and metamorphic assemblages in the shear planes indicate low-medium grade amphibolite deformation conditions. Field investigation along a 150 km stretch of the GMSZ reveals evidence of three distinct deformation stages: D<sub>2</sub> reverse fault show top to the NE or SW sense of motion, D<sub>3</sub> sinistral faults, and D<sub>4</sub> dextral faults. Fault rocks are majorly mylonite to ultramylonite that formed along basement gneiss and mafic/felsic rocks along the JSB or CSB boundaries. In the southern part of the GMSZ layer-parallel pseudotachylyte are present possible indication of a seismic zone close to the lower crustal rocks. It is obvious from the regional-scale observations that the GMSZ primary developed during the NE–SW shortening, which created reverse faults and upright folds sandwiched between these reverse faults. This fold and fault association is identical to a fold-and-thrust belt. Later, the deformation either changed to transpression mode or to simple shear mode, resulting in regional-scale sinistral shear (D<sub>3</sub>). As a result, the GMSZ and surrounding schist belts represent a key tectonic domain that recorded the interplay between the regional-scale convergence to collisional in the DC.

The fact that there are no remnants of the oceanic crust or accretionary complex our study area, and that all of the schist belt's units are autochthonous, suggests that the GMSZ probably does not represent a plate boundary. The plate boundary or subduction interface most likely formed far east of the present-day GMSZ. The GMSZ and associated schist belts collectively depict fold-and-thrust belts that evolved from the inversion of multistage failed rifts/half oceans, which were probably followed by transpression. The structural association in and around the GMSZ possibly represents the development of a hinterland fold-and-thrust belt from inverted multistage-failed rift basins.

**Keywords:** Archean, Mylonite, Fold-and-thrust belt, collision tectonics, failed rift

\***Corresponding author:** sreehari@riko.shimane-u.ac.jp

## スリランカハイランド複合岩体に産する変成炭酸塩岩中黄鉄鉱の 硫黄同位体に関する研究

吉岡葵\*(新潟大・院自然), Madhusoodhan Satish-Kumar(新潟大・理), 後藤孝介(産総研),  
下田玄(産総研), Sanjeeva P. K. Malaviarachchi(ペラデニア大, スリランカ)

### **Sulfur isotope study of metacarbonate rocks from Highland Complex, Sri Lanka**

**Aoi Yoshioka\*(Grad. Sch. Sci. Tech., Niigata Univ.), Madhusoodhan Satish-Kumar (Fac. Sci., Niigata Univ.), Kosuke T. Goto (AIST-GSJ), Gen Shimoda (AIST-GSJ), Sanjeeva P. K. Malaviarachchi (Univ. Peradeniya, Sri Lanka)**

Sulfur isotope ratios in carbonate rocks record changes in seawater sulfate reservoirs associated with global increases in atmospheric oxygen levels as well as differences in sedimentary environments. Several biogeochemical events occurred during the Proterozoic, most notably the rise in oxygen (GOE and NOE) in the Earth's atmosphere and oceans. These events appear to be intimately related to the global sulfur geochemistry, both through the formation of weathering of sulfates on land, the oxidation of sulfides and evolution of disproportionating bacteria in the marine environment (Bottrell and Newton, 2006). In this presentation, we report the sulfur isotopic composition of pyrite in metamorphosed carbonate rocks to estimate the depositional environment and to understand the effects of metamorphism. The metamorphosed carbonate rocks containing pyrite from the Highland Complex of Sri Lanka, deposited during the Precambrian period, are the focus of this study. Pyrite is found to be elliptical to irregular in shape, ranging in size from 30  $\mu\text{m}$  to 500  $\mu\text{m}$ . Some of them also include chalcopyrite and galena. The  $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$  values of pyrite range from +6 to +26‰ and  $\Delta^{33}\text{S}$  is slightly negative within the mass dependent fractionation range. Most of the values fall within the same quadrant in the  $\delta^{33}\text{S}$  vs  $\delta^{34}\text{S}$  diagram. This reflects the sulfur isotope behavior of the closed system due to microbial sulfate reduction (MSR) and high sulfate contents, among other factors. The sulfur isotope  $\Delta^{33}\text{S}/\delta^{34}\text{S}$  and  $\Delta^{33}\text{S}/\Delta^{36}\text{S}$  trends are nearly identical in comparison to the Proterozoic non-metamorphosed carbonate rocks (Paiste et al., 2018). Thus, the sulfur isotope changes due to metamorphism are negligible, and carbonate rocks are considered the most suitable for tracing Precambrian marine environment. Comparison with the sulfur isotopic composition of pyrite in carbonate rocks of various ages indicates that the carbonate rocks in the Highland Complex possess  $\delta^{34}\text{S}$  values similar to other Proterozoic examples. Therefore, carbonate rocks can provide important information in support of the hypothesized global ocean in the past.

#### **References:**

- Bottrell, S. H., and Newton, R. J., 2006. Reconstruction of changes in global sulfur cycling from marine sulfate isotopes. *Earth-Science Reviews*, 75, 59–83.
- Paiste, K., et al., 2018. Multiple sulphur isotope records tracking basinal and global processes in the 1.98 Ga Zaonega Formation, NW Russia. *Chem. Geol.*, 499, 151–164.

**Keywords:** sulfur isotopes, metamorphism, microbial sulfate reduction, Highland Complex, Sri Lanka

**\*Corresponding author:** f21e075h@mail.cc.niigata-u.ac.jp

## タンザニア古原生代ウサガラン帯の変成履歴を読み解く:

### 含コランダム高圧角閃岩の岩石学

樋口莉央\* (東北大)・辻森樹(東北大)・ボニフェイス N.(UDSM)

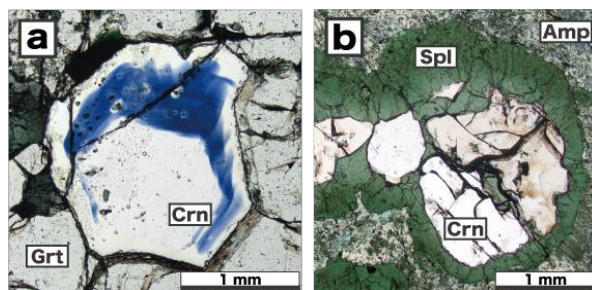
#### Metamorphic history of corundum-bearing high-pressure amphibolite from the Paleoproterozoic Usagaran Belt, Tanzania

Rio Higuchi\*(Tohoku Univ.), Tatsuki Tsujimori(Tohoku Univ.), N. Boniface(UDSM)

Corundum-bearing amphibolite occurs in a meta-cumulate body of the Paleoproterozoic Usagaran Belt, SE Tanzania. The studied rock has a compositional banding of amphibolitic and garnetitic layers; corundum occurs in both layers. Petrological studies of the rock revealed a decompression  $P$ - $T$  trajectory that is characterized by corrosion of primally corundum at the rims by Mg-Al spinel. The replacement textures might suggest a partial granulitization of high-pressure amphibolite. This process might occur during the crustal stabilization after collisional event.

太古代タンザニア地塊の南東縁に位置するウサガラン帯は、古原生代の大陸衝突型変成帯である。特に、ウサガラン帯の Ishimani Suite は古原生代のエクロジャイトを含む高圧ユニットであり、主に変成苦鉄質岩体を胚胎した正片麻岩及び泥質片麻岩で構成される。特に変成苦鉄質岩体は、高圧グラニュライト及びエクロジャイト相変成作用の鉱物組み合わせを保存している。本研究では、宝石質のコランダムが産する Winza 村の変成苦鉄質-超苦鉄質集積岩体から採取した含コランダム角閃岩に着目し、その形成過程について考察する。なお、本岩体からは藍晶石+タルクの高圧条件を示す鉱物共生が報告されている (Mori et al. 2018 JMPS)。

含コランダム角閃岩は粗粒なざくろ石で構成される層と角閃石で構成される層に明瞭に分かれている。コランダムはどちらの層にも存在しており、最大 1 cm 程度で、鏡下では鮮やかな青色を呈するものもある (Fig. 1a)。コランダムはパーガス閃石や擬二次包有物を含む。多くのコランダムは周縁部から Mg-Al スピネルに置換され



**Figure. 1** (a) Plane-polarized light (PPL) image of the occurrence of blue-colored corundum (b) PPL image of the partial replacement of primally corundum by green Mg-Al spinel

る。コランダムのスピネル化は角閃石に富む層でより顕著である (Fig.1b)。コランダム周縁部の Mg-Al スピネルは 1  $\mu$ m 程度の細粒な Fe-Ti 酸化物を多量に包有する。初生的なコランダムのスピネルによる置換は、減圧を伴うグラニュライト化の過程で生じたと考えられる。大陸衝突に後の地殻安定化に伴い、高圧角閃岩が中部地殻程度の深さでグラニュライト化を被るという現象の地質記録といえよう。本講演ではタンザニア地塊南東縁の古原生代における大陸衝突のダイナミクスについて言及したい。

Keywords: Usagaran Belt, Tanzania, continental collision, high-pressure amphibolite, granulitization

\*Corresponding author: higuchi.rio.q5@dc.tohoku.ac.jp

## 横河川変成岩類の碎屑性ジルコン U-Pb 年代と変成温度構造

森宏\* (信州大), 水村裕紀 (協和設計), 常盤哲也, 吉川晃平 (信州大),  
野部勇貴 (電源開発), 瀨瀬佑衣 (名古屋大)

### Detrital zircon U-Pb age and metamorphic thermal structure of the Yokokawagawa metamorphic rocks in central Japan

Hiroshi Mori\* (Shinshu Univ.), Hiroki Mizumura (Kyowa Sekkei), Tetsuya Tokiwa, Kohei Yoshikawa (Shinshu Univ.), Yuki Nobe (Electric Power Development), Yui Kouketsu (Nagoya Univ.)

三波川変成岩類の地質構造や変成度に関する広域的な側方変化の把握は、アジア縁辺における沈み込み帯発達過程の究明に欠かせない。ただし、中部地方の三波川変成岩類は、糸魚川-静岡構造線 (ISTL) を境に分断されるとともに、ISTL 以東は新第三紀以降の地層に広く覆われて側方追跡が困難となっている。一方、ISTL 東に小規模に分布する横河川変成岩類は、主に岩相の類似性より、ISTL 南西の赤石山地・三波川変成岩類に対応するとともに、横河川変成岩類西端の横河川断層は中央構造線 (MTL) の延長である可能性が長年指摘されてきた (e.g. 河内ほか, 1966)。しかし、横河川変成岩類の K-Ar 年代が三波川変成岩類よりも有意に若い年代を示すことから、両者を異なる地質体とする主張もあり (Yokoyama, 1992)、横河川変成岩類の帰属は未解決である。そこで本研究では、横河川変成岩類を対象として碎屑性ジルコンの U-Pb 年代測定と炭質物ラマン温度計 (Kouketsu et al., 2014) による変成温度解析を行い、三波川変成岩類との対応関係を検討した。

砂質岩 1 試料から得られたジルコン U-Pb 年代 (以下、ジルコン年代) は、白亜紀~ペルム紀の粒子が 73.3%で、先カンブリア紀の粒子が 25.3%を占める。また、最も若いジルコン年代が  $97.2 \pm 4.8$  ( $2\sigma$ ) Ma であり、最も若いクラスター年代が

$98.4 \pm 3.1$  ( $2\sigma$ ) Ma を示す。一方、泥質岩 5 試料から推定された温度は約 350~380 °C を示す。温度構造としては、西縁の横河川断層付近から東縁にかけて、温度が一旦低下した後、再度上昇に転じる V 字型を呈す。

横河川変成岩類の東縁に沿っては貫入岩が分布しており、東部の西から東にかけての温度上昇は貫入熱影響に起因すると考えられる。また、今回のジルコン年代は原岩の堆積年代が約 100 Ma 以降であることを示唆する一方で、K-Ar 年代 (約 41~24 Ma ; Yokoyama 1992) とは有意な年代差が認められるが、この年代差についても、貫入熱影響により K-Ar 年代のみに若返りが生じたことに起因すると解釈可能である。そして、貫入熱影響を除外した温度構造およびジルコン年代の特徴は、周辺の三波川変成岩類と類似しており (e.g. Jia & Takeuchi, 2020 ; 森ほか, 2021)、横河川変成岩類が三波川変成岩類に帰属する考えを支持する。ただし、横河川断層近傍の温度条件は、赤石山地・三波川変成岩類の MTL 近傍の温度条件 (e.g. 森ほか, 2022) より 30 °C 程度低い。断層を起点とした同様な特徴の不一致は、岩相分布でも認められることから (e.g. 三好, 1991 ; 牧本ほか, 1996)、横河川変成岩類は、赤石山地・三波川変成岩類の延長部にあたるももの、MTL 近傍部相当の地質体は欠落したと考えられる。

Keywords: Yokokawagawa, Sanbagawa, detrital zircon U-Pb dating, Raman carbonaceous material geothermometry

\*Corresponding author: mori\_hiroshi@shinshu-u.ac.jp

## 関東山地三波川変成帯における 泥質片岩中の曹長石斑状変晶の脆性破壊

乾 睦子\*, 小島秀斗, 長妻佳哉 (国士舘大・理工)

### Brittle fractures of albite porphyroblasts in the pelitic schists of the Sanbagawa metamorphic belt, Kanto Mountains

Mutsuko INUI\*, Shuto KOJIMA, Yoshiya, NAGATSUMA (Kokushikan University)

Albite porphyroblasts have long been known in the schists in the higher grade zones of the Sanbagawa metamorphic belt, Japan. Several microstructures are found in this study, performed in the Nagatoro area, that indicate brittle fracturing of the albite porphyroblasts following their formation. Large albite grains often exhibit thin cracks filled with potassium feldspar, which was not normally observed in the surrounding host schists. Groups of smaller albite grains were found, each distributed lenticularly within quartzose matrix. The latter texture was found in a sheared-looking outcrop without albite porphyroblasts observable by naked eye. The observations in this study suggest that the non-existence of the albite porphyroblasts does not necessarily indicate different P, T, or chemical condition, but can be explained by total fragmentation of once formed albite porphyroblasts.

三波川変成帯の高変成度片岩類には曹長石斑状変晶が出現することが古くから知られ、変成度を示す手軽な目安ともされてきた。本稿では関東山地の長瀬町の泥質片岩露頭に見られた曹長石斑状変晶の脆性破壊を示す構造と、破壊後のクラックを充填する鉱物についての観察を報告する。

対象露頭は高砂橋下流の荒川河川敷で緑泥石帯またはザクロ石帯にあたり、東西方向に伸びる長さ0.5~1.0 mm程度の曹長石斑状変晶が肉眼で観察できる。主な構成鉱物は石英、曹長石、白雲母、緑泥石、方解石、ザクロ石で、曹長石斑状変晶は主に白雲母からなる有色層内に多い。この曹長石斑状変晶の一部は、形態から明らかに結晶半ばで断裂したと推定された。断裂してできたクラックは主に石英と（または）方解石で充填されていた。また、断裂して見えない曹長石斑状変晶をSEM-EDS（国士舘大JSM-6010LA）で観察したところ、カリ長石が充填する微細なクラックが認め

られやはり断裂していた。カリ長石は周囲の片岩にはほとんど含まれない。カリ長石が充填するクラックと石英・方解石が充填するクラックとが同一薄片にあっても、これらが同一のクラックを充填することはなかった。2種類の充填鉱物は異なる時代の変形を示すと考えられる。

対象露頭内には肉眼で曹長石斑状変晶が確認できない泥質片岩も露出している。この部分の曹長石はより細長く伸びていたり、石英層内に多数の小さな曹長石粒子がレンズ状に散らばって分布する構造が見られた。この分布が変成作用によってできた考えにくく、これは曹長石斑状変晶の脆性破壊が進行して細粒化した結果と推定できる。ザクロ石があることから対象地域の推定温度は400°C超で、石英が十分に延性変形できた点は合理的である。曹長石斑状変晶が肉眼で観察されない理由として、変成条件の違い以外に強いせん断変形による破砕も想定できる。

Keywords: albite porphyroblast, brittle deformation, fragmentation, potassium feldspar, Sanbagawa metamorphic belt

\*Corresponding author: inui@kokushikan.ac.jp